


MOTOR DRIVING DEVICE AND METHOD FOR DRIVING MOTOR

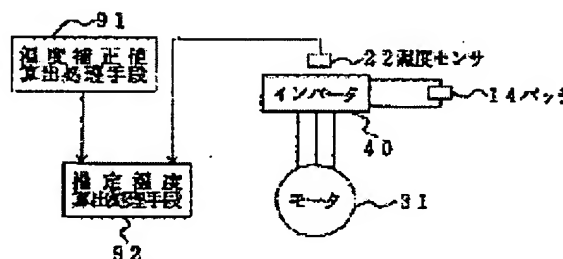
Patent number: JP2002051568
Publication date: 2002-02-15
Inventor: NAKAMURA HIDEO; MINESAWA YUKIHIRO;
TANIGUCHI TAKUJI
Applicant: AISIN AW CO LTD
Classification:
- **international:** H02M7/48
- **european:**
Application number: JP20000231925 20000731
Priority number(s):

Also published as:

 JP2002051568 (/

Abstract of JP2002051568

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable surely detecting abnormality of an inverter when a temperature of the inverter is locally increased.
SOLUTION: This motor driving device is provided with a power source, a motor 31, an inverter 40, an inverter temperature detecting means for detecting a temperature of the inverter, a temperature correction value calculation processing means 91 which calculates a temperature correction value in accordance with a state of the inverter 40, and an estimated temperature calculation processing means 92 which calculates an estimated temperature of the inverter 40 on the basis of a temperature of the inverter which is detected at a prescribed timing and the temperature correction value. A temperature correction value is calculated in accordance with a state of the inverter 40, and the estimated temperature of the inverter 40 is calculated on the basis of a temperature of the inverter which is detected at a prescribed timing and the temperature correction value. The whole temperature of the inverter 40 can be estimated by using the estimated temperature.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-51568
(P2002-51568A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 2 M 7/48

識別記号

F I

H 0 2 M 7/48

テーマコード(参考)

M 5 H 0 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-231925(P2000-231925)

(22) 出願日 平成12年7月31日(2000.7.31)

(71) 出願人 000100768

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社

愛知県安城市藤井町高根10番地

(72) 発明者 中村 秀男

愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシ

ン・エイ・ダブリュ株式会社内

(72) 発明者 峯澤 幸弘

愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシ

ン・エイ・ダブリュ株式会社内

(74) 代理人 100096426

弁理士 川合 誠 (外1名)

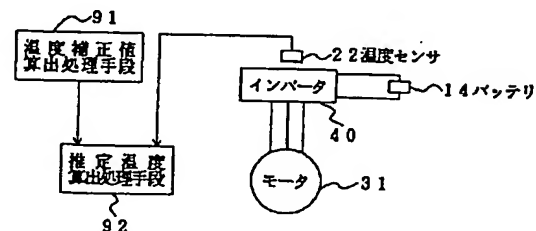
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ駆動装置及びモータ駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 インバータ温度が局部的に高くなった場合でも、インバータの異常を確実に検出することができるようにする。

【解決手段】 電源と、モータ31と、インバータ40と、インバータ温度を検出するインバータ温度検出手段と、前記インバータ40の状態に対応させて温度補正値を算出する温度補正値算出処理手段91と、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度、及び前記温度補正値に基づいてインバータ40の推定温度を算出する推定温度算出処理手段92とを有する。インバータ40の状態に対応させて温度補正値が算出され、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータ40の推定温度が算出される。推定温度によってインバータ40の全体の温度を推定することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電源と、モータと、スイッチング素子のスイッチングに伴って、前記電源から供給された電流を相電流に変換して前記モータに供給するインバータと、インバータ温度を検出するインバータ温度検出手段と、前記インバータの状態に対応させて温度補正値を算出する温度補正値算出処理手段と、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度を算出する推定温度算出処理手段とを有することを特徴とするモータ駆動装置。

【請求項2】 前記温度補正値は、イグニッションキーをオンにしたときのインバータの状態に対応させて算出されるオフセット温度である請求項1に記載のモータ駆動装置。

【請求項3】 前記オフセット温度は、電源とインバータとの間に配設されたコンデンサの端子間の電圧に基づいて算出される請求項2に記載のモータ駆動装置。

【請求項4】 前記温度補正値は、前記スイッチング素子のスイッチングに伴う発熱量に基づいて算出される請求項1に記載のモータ駆動装置。

【請求項5】 前記発熱量は、電動車両を走行させるのに必要な要求トルクに基づいて算出される請求項4に記載のモータ駆動装置。

【請求項6】 前記発熱量は、前記要求トルクを2乗した値に基づいて算出される請求項5に記載のモータ駆動装置。

【請求項7】 前記発熱量は、更に前記インバータの状態に対応させた推定温度係数に基づいて算出される請求項5又は6に記載のモータ駆動装置。

【請求項8】 前記温度補正値は、更に前記インバータの状態に対応させたインバータからの放熱量に基づいて算出される請求項4～7のいずれか1項に記載のモータ駆動装置。

【請求項9】 スwitchング素子のスイッチングに伴って、電源から供給された電流を相電流に変換してモータに供給し、インバータ温度を検出し、インバータの状態に対応させて温度補正値を算出し、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度を算出することを特徴とするモータ駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、モータ駆動装置及びモータ駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、電動車両においては、U相、V相及びW相のステータコイルを備えたステータ、及び該ステータの内側において回転自在に配設され、磁極対を備えたロータから成るモータが使用され、モータ駆動装置によって前記ステータコイルにU相、V相及びW相の電

流を供給することにより、前記モータが駆動されるようになっている。

【0003】そして、電動車両の全体の制御を行う車両制御回路が、トルク指令値を算出し、該トルク指令値に基づいて電流指令値を算出してモータ制御部に送ると、該モータ制御部は、前記電流指令値に対応したパルス幅を有するU相、V相及びW相のパルス幅変調信号を発生させ、該パルス幅変調信号をドライブ回路に送る。

【0004】該ドライブ回路は、前記パルス幅変調信号に対応させてスイッチング信号を発生させ、該スイッチング信号をインバータに送る。該インバータは、6個のスイッチング素子としてのトランジスタを有し、前記スイッチング信号がオンの間だけトランジスタをオンにして各相の電流を発生させ、該各相の電流を前記ステータコイルに供給する。このようにして、モータ制御部を作動させることによってモータを駆動し、モータトルクを発生させ、該モータトルクを駆動輪に伝達して電動車両を走行させることができる。

【0005】そして、前記ステータコイルはスター結線されているので、各相の電流のうちの二つの相、例えば、U相及びV相の電流の値が決まると、残りの一つの相、例えば、W相の電流の値も決まる。したがって、各相の電流を制御するために、U相及びV相の電流が電流センサによって検出されるようになっている。そして、ロータの磁極対の方向にd軸を、該d軸と直角の方向にq軸をそれぞれ採ったd-q軸モデル上でフィードバック制御が行われるようになっている。

【0006】そのために、前記モータ制御部において、U相及びV相の電流は、三相/二相変換が行われてd軸電流及びq軸電流になる。そして、d軸電流とd軸電流指令値とのd軸電流偏差、及びq軸電流とq軸電流指令値とのq軸電流偏差がそれぞれ算出され、前記d軸電流偏差及びq軸電流偏差が零(0)になるようにd軸電圧指令値及びq軸電圧指令値がそれぞれ発生させられる。続いて、d軸電圧指令値及びq軸電圧指令値は、二相/三相変換が行われてU相、V相及びW相の電圧指令値になり、該各相の電圧指令値に基づいて各相のパルス幅変調信号が発生させられる。

【0007】ところで、前記トランジスタをオン・オフさせると、熱が発生するので、ヒートシンクによってトランジスタを冷却するようにしているが、トランジスタを十分に冷却することができない場合、トランジスタの特性が低下するだけでなく、トランジスタの耐久性が低下してしまう。そこで、インバータにおける所定の箇所に温度センサを配設し、温度センサによってインバータの温度、すなわち、インバータ温度を検出し、該インバータ温度が閾(しきい)値を超えてインバータの異常が検出されると、前記トルク指令値の制限値、すなわち、制限トルクを小さくしてインバータ温度を低くするようになっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来のモータ駆動装置において、前記温度センサは、インバータにおける所定の箇所に配設されるだけであるので、インバータ温度が局部的に高くなった場合、インバータの異常を確実に検出することができない。例えば、ドライブ回路がスイッチング信号を発生させ、該スイッチング信号をインバータに送っているにもかかわらず、何らかの理由でロータが回転しない状態、すなわち、ストール状態が発生すると、所定のトランジスタだけがオンになったままになり、前記インバータ温度が局部的に高くなるが、前記所定のトランジスタから離れた位置に温度センサが配設されていると、該温度センサによって検出されるインバータ温度は高くない。

【0009】したがって、インバータの異常を確実に検出することができない。その結果、制限トルクを小さくすることができず、インバータ温度を低くすることができなくなる。

【0010】本発明は、前記従来のモータ駆動装置の問題点を解決して、インバータ温度が局部的に高くなった場合でも、インバータの異常を確実に検出することができるモータ駆動装置及びモータ駆動方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】そのために、本発明のモータ駆動装置においては、電源と、モータと、スイッチング素子のスイッチングに伴って、前記電源から供給された電流を相電流に変換して前記モータに供給するインバータと、インバータ温度を検出するインバータ温度検出手段と、前記インバータの状態に対応させて温度補正値を算出する温度補正値算出処理手段と、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度を算出する推定温度算出処理手段とを有する。

【0012】本発明の他のモータ駆動装置においては、さらに、前記温度補正値は、イグニッションキーをオンにしたときのインバータの状態に対応させて算出されるオフセット温度である。

【0013】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記オフセット温度は、電源とインバータとの間に配設されたコンデンサの端子間の電圧に基づいて算出される。

【0014】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記温度補正値は、前記スイッチング素子のスイッチングに伴う発熱量に基づいて算出される。

【0015】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記発熱量は、電動車両を走行させるのに必要な要求トルクに基づいて算出される。

【0016】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記発熱量は、前記要求トルクを2乗した

値に基づいて算出される。

【0017】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記発熱量は、更に前記インバータの状態に対応させた推定温度係数に基づいて算出される。

【0018】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記温度補正値は、更に前記インバータの状態に対応させたインバータからの放熱量に基づいて算出される。

【0019】本発明のモータ駆動方法においては、スイッチング素子のスイッチングに伴って、電源から供給された電流を相電流に変換してモータに供給し、インバータ温度を検出し、インバータの状態に対応させて温度補正値を算出し、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度を算出する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0021】図1は本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の機能ブロック図である。

【0022】図において、14は電源としてのバッテリー、31はモータ、40は、図示されないスイッチング素子としてのトランジスタのスイッチングに伴って、前記バッテリー14から供給された電流を相電流としてのU相、V相及びW相の電流に変換して前記モータ31に供給するインバータ、22はインバータ温度を検出するインバータ温度検出手段としての温度センサ、91は前記インバータ40の状態に対応させて温度補正値を算出する温度補正値算出処理手段、92は、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータ40の推定温度を算出する推定温度算出処理手段である。

【0023】図2は本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の概念図、図3は本発明の実施の形態におけるモータ制御部のブロック図である。

【0024】図において、10はモータ駆動装置、17は電動車両の全体の制御を行う車両制御回路、31はモータ、45は該モータ31の制御を行うモータ制御部である。なお、前記モータ31としてDCブラシレスモータが使用される。前記モータ31は、回転自在に配設された図示されないロータ、及び該ロータより径方向外方に配設されたステータから成り、該ステータは、ステータコア、及び該ステータコアに巻装されたU相、V相及びW相のステータコイル11～13を備える。

【0025】そして、前記モータ31を駆動して電動車両を走行させるために、バッテリー14からの直流の電流がメインリレー15を介してインバータ40に供給され、該インバータ40によって相電流としてのU相、V相及びW相の電流 I_u 、 I_v 、 I_w に変換され、各相の電流 I_u 、 I_v 、 I_w はそれぞれ各ステータコイル11

〜13に供給される。

【0026】そのために、前記インバータ40は、6個のスイッチング素子としてのトランジスタTr1〜Tr6を備え、各トランジスタTr1〜Tr6を選択的にスイッチング、すなわち、オン・オフさせることによって、前記各相の電流 I_u 、 I_v 、 I_w を発生させることができるようになっている。

【0027】また、前記ロータのシャフトに図示されないドラムが取り付けられ、該ドラムに小磁石が取り付けられるとともに、前記ドラムと対向させて、簡易的な磁極位置センサとしての磁気抵抗素子、例えば、ホール素子43が配設され、該ホール素子43は、前記ロータの回転に伴って、前記小磁石の位置を検出し、所定の角度（本実施の形態においては、 $60[^\circ]$ ）ごとにセンサ出力としての位置検出信号 P_u 、 P_v 、 P_w を発生させ、磁極位置検出手段としての磁極位置検出回路44に送る。そして、該磁極位置検出回路44は、前記位置検出信号 P_u 、 P_v 、 P_w を受けて磁極位置 θ を検出するとともに、検出パルスを発生させ、前記磁極位置 θ 及び検出パルスをモータ制御部45に送る。さらに、前記メ

インリレー15とインバータ40との間にコンデンサ20が配設され、該コンデンサ20は、図示されないイグニッションキーがオンにされ、メインリレー15がオンにされると充電され、インバータ40に印加される電圧を平滑化する。そして、コンデンサ20における正の極性の端子、及び負の極性の端子が直流電圧検出回路16に接続され、該直流電圧検出回路16は、前記コンデンサ20の端子間の電圧、すなわち、直流電圧 V_c を検出し、直流電圧 V_c を車両制御回路17及びモータ制御部45に送る。また、該モータ制御部45は前記磁極位置検出回路44から検出パルスを受けると、各検出パルスのタイミングに基づいてモータ31の回転速度、すなわち、モータ回転速度 N_m を算出し、車両制御回路17に送る。そして、該車両制御回路17はモータ回転速度 N_m に対応する車速 V を検出する。

【0028】ところで、前記ステータコイル11〜13はスター結線されているので、各相のうちの二つの相、例えば、U相及びV相の電流の値が決まると、残りの一つの相、例えば、W相の電流の値も決まる。したがって、U相及びV相の電流 I_u 、 I_v を検出するためにス

テータコイル11、12のリード線に電流センサ33、34が配設され、該電流センサ33、34のセンサ出力としての検出信号 SG_u 、 SG_v がモータ制御部45に送られる。

【0029】そして、18は図示されないアクセルペダルに配設されたアクセルセンサであり、運転者が前記アクセルペダルを踏み込むと、アクセルセンサ18がアクセルペダルの踏込量、すなわち、アクセル開度 α を検出し、該アクセル開度 α を車両制御回路17に送る。

【0030】該車両制御回路17の図示されない指令値

発生部は、前記アクセルセンサ18から送られたアクセル開度 α 、車速 V 等に基づいてトルク指令値 T_m を発生させ、該トルク指令値 T_m をモータ制御部45に送る。該モータ制御部45は、前記トルク指令値 T_m に基づいて電流指令値 I_m としてのd軸電流指令値 i_{ds} 及びq軸電流指令値 i_{qs} を発生させる。そして、前記モータ制御部45は、前記磁極位置 θ 、検出信号 SG_u 、 SG_v 、d軸電流指令値 i_{ds} 及びq軸電流指令値 i_{qs} に基づいてパルス幅を計算し、該パルス幅を有するU相、V相及びW相のパルス幅変調信号 S_u 、 S_v 、 S_w を発生させ、各相のパルス幅変調信号 S_u 、 S_v 、 S_w をドライブ回路51に送る。該ドライブ回路51は、前記各相のパルス幅変調信号 S_u 、 S_v 、 S_w を受けて、トランジスタTr1〜Tr6を駆動するための6個の駆動信号としてのスイッチング信号をそれぞれ発生させ、該スイッチング信号をインバータ40に送る。該インバータ40は、前記スイッチング信号がオンの間だけトランジスタTr1〜Tr6をオンにして電流 I_u 、 I_v 、 I_w を発生させ、該各電流 I_u 、 I_v 、 I_w を前記各ステータコイル11〜13に供給する。このように、モータ31を駆動することによって電動車両を走行させることができる。本実施の形態においては、各駆動輪にモータ31が配設され、各モータ31に対応させて6個のトランジスタTr1〜Tr6が配設される。

【0031】そして、前記モータ制御部45においては、ロータの磁極対の方向にd軸を、該d軸と直角の方向にq軸をそれぞれ採ったd-q軸モデル上でベクトル制御演算によるフィードバック制御が行われるようになっている。

【0032】そのために、前記モータ制御部45内において、前記電流センサ33、34から送られた検出信号 SG_u 、 SG_v 及び前記磁極位置 θ がUV-dq変換器61に送られる。該UV-dq変換器61は、検出信号 SG_u 、 SG_v 及び前記磁極位置 θ に基づいて三相／二相変換を行い、検出信号 SG_u 、 SG_v 及び前記磁極位置 θ をd軸電流 i_d 及びq軸電流 i_q に変換する。

【0033】そして、d軸電流 i_d は減算器62に送られ、該減算器62において前記d軸電流 i_d とd軸電流指令値 i_{ds} とのd軸電流偏差 Δi_d が算出され、該d軸電流偏差 Δi_d がd軸電圧指令値発生部64に送られる。一方、q軸電流 i_q は減算器63に送られ、該減算器63において前記q軸電流 i_q とq軸電流指令値 i_{qs} とのq軸電流偏差 Δi_q が算出され、該q軸電流偏差 Δi_q がq軸電圧指令値発生部65に送られる。なお、前記d軸電圧指令値発生部64及びq軸電圧指令値発生部65によって電圧指令値発生手段が構成される。

【0034】そして、前記d軸電圧指令値発生部64及びq軸電圧指令値発生部65は、パラメータ演算部71から送られたq軸インダクタンス L_q 及びd軸インダクタンス L_d 、並びに前記d軸電流偏差 Δi_d 及びq軸電

10

20

30

40

50

流偏差 Δi_q に基づいて、d軸電流偏差 Δi_d 及びq軸電流偏差 Δi_q が零になるように、2軸上のインバータ出力としてのd軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* をそれぞれ発生させ、該d軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* をそれぞれdq-UV変換器67に送る。

【0035】続いて、該dq-UV変換器67は、前記d軸電圧指令値 V_d^* 、q軸電圧指令値 V_q^* 及び磁極位置 θ に基づいて二相/三相変換を行い、d軸電圧指令値 V_d^* 及びq軸電圧指令値 V_q^* をU相、V相及びW相の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* に変換し、該各相の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* をPWM発生器68に送る。該PWM発生器68は、前記各相の電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* 及び前記直流電圧 V_c に基づいて各相のパルス幅変調信号 S_u 、 S_v 、 S_w を発生させる。

【0036】ところで、前記トランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ をオン・オフさせると熱が発生するので、図示されないヒートシンクによってトランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ を冷却するようにしているが、トランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ を十分に冷却することができない場合、トランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ の特性が低下するだけでなく、トランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ の耐久性が低下してしまう。そこで、前記インバータ40における所定の箇所にインバータ温度検出手段としての温度センサ22を配設し、温度センサ22によってインバータ温度を検出するようにしている。

【0037】ところが、インバータ40における所定の箇所に温度センサ22が配設されるだけであるので、インバータ温度が局部的に高くなった場合、インバータ40の異常を確実に検出することができない。例えば、ドライブ回路51がスイッチング信号を発生させ、該スイッチング信号をインバータ40に送っているにもかかわらず、何らかの理由でストール状態が発生すると、所定のトランジスタだけがオンになったままになり、前記インバータ温度が局部的に高くなるが、前記所定のトランジスタから離れた位置に温度センサ22が配設されていると、該温度センサ22によって検出されるインバータ温度は高くない。

【0038】そこで、インバータ40の全体の温度を推定し、推定された温度、すなわち、推定温度 t_e が閾値 t_{erh} を超えてインバータ40の異常が検出されると、制限トルクを小さくしてインバータ温度を低くするようにしている。

【0039】次に、前記モータ駆動装置10の動作について説明する。

【0040】図4は本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の動作を示すメインフローチャート、図5は本発明の実施の形態における制限トルク算出処理のサブルーチンを示す図、図6は本発明の実施の形態における推

定温度係数算出処理のサブルーチンを示す図、図7は本発明の実施の形態における放熱量算出処理のサブルーチンを示す図、図8は本発明の実施の形態におけるオフセット温度算出処理のサブルーチンを示す図、図9は本発明の実施の形態におけるモータ回転速度・要求トルクの領域を説明する図である。なお、図9において、横軸にモータ回転速度 N_m を、縦軸に要求トルク T_n を採っている。

【0041】まず、車両制御回路17(図2)の図示されない要求トルク算出処理手段は、要求トルク算出処理を行い、アクセルセンサ18から送られたアクセル開度 α 、車速 V 等に基づいて電動車両を走行させるのに必要なモータトルク、すなわち、要求トルクを算出し、該要求トルクをトルク指令値 T_m としてモータ制御部45に送る。ここで、前記要求トルクは、モータトルクの出力値をトルク指令値に換算した値である。

【0042】続いて、モータ制御部45の制限トルク算出処理手段96は、制限トルク算出処理を行い、推定温度 t_e を算出するとともに、該推定温度 t_e に対応する制限トルクを算出する。

【0043】そして、前記モータ制御部45の目標トルク算出処理手段97は、前記トルク指令値 T_m が制限トルクより大きいかどうかを判断し、トルク指令値 T_m を制限トルクより大きい場合は制限トルクを目標トルクとして算出し、トルク指令値 T_m が制限トルク以下である場合はトルク指令値 T_m を目標トルクとして算出する。続いて、前記モータ制御部45の電流指令値算出処理手段98は、前記目標トルク等に基づいてd軸電流指令値 i_{ds} 及びq軸電流指令値 i_{qs} を算出する。

【0044】次に、フローチャートについて説明する。
ステップS1 トルク指令値 T_m を読み込む。
ステップS2 制限トルク算出処理を行う。
ステップS3 トルク指令値 T_m が制限トルクより大きいかどうかを判断する。トルク指令値 T_m が制限トルクより大きい場合はステップS5に、トルク指令値 T_m が制限トルク以下である場合はステップS4に進む。
ステップS4 目標トルクにトルク指令値 T_m をセットする。
ステップS5 目標トルクに制限トルクをセットする。
ステップS6 電流指令値 I_m としてのd軸電流指令値 i_{ds} 及びq軸電流指令値 i_{qs} を算出し、処理を終了する。

【0045】次に、図4のステップS2における制限トルク算出処理のサブルーチンについて説明する。

【0046】前記推定温度 t_e を算出するに当たり、所定のタイミング、本実施の形態においては推定温度 t_e の推定を開始した時点、すなわち、推定開始時点が特定され、推定開始時点において温度センサ22によって検出されたインバータ温度、すなわち、推定開始温度 t_{msr} は、モータ制御部45内の図示されないメモリに記録

される。そして、推定温度 t_e は、インバータ40の状態に対応させて、前記推定開始温度 t_{msr} 、前記推定開始時点においてインバータ40が潜在的に保有していた熱によるオフセット温度 t_o 、及び前記推定開始時点から現在までのインバータ40の熱収支を表す積算値 Ad ＊

$$t_e = t_{msr} + t_o + Ad$$

そして、前記積算値 Ad は、トランジスタ $Tr1 \sim Tr6$ のオン・オフに伴う発熱量 Q 、及びインバータ40からの放熱量 R に基づいて算出され、次の式(2)のよう

【0048】

$$Ad = \int (Q - R) dt$$

したがって、推定温度 t_e は、次の式(3)のように表される。

$$t_e = t_{msr} + t_o + \int (Q - R) dt$$

そして、推定温度係数を K とし、要求トルクを T_n としたとき、前記発熱量 Q は、

$$Q = K \cdot T_n^2$$

なお、前記放熱量 R 及び推定温度係数 K は、図9に示されるようなモータ回転速度 N_m 及び要求トルク T_n が属する各領域 $AR1 \sim AR6$ ごとにあらかじめ設定される。

【0051】そして、前記制限トルク算出処理手段96は、トルク指令値 T_m を読み込むとともに、推定開始温度 t_{msr} をメモリから読み出す。続いて、前記制限トルク算出処理手段96の図示されない推定温度係数算出処理手段は、推定温度係数算出処理を行うことによって推定温度係数 K を算出し、前記制限トルク算出処理手段96の図示されない放熱量算出処理手段は、放熱量算出処理を行うことによって放熱量 R を算出し、前記制限トルク算出処理手段96の図示されないオフセット温度算出処理手段は、オフセット温度算出処理を行うことによってオフセット温度 t_o を算出する。

【0052】このようにして、前記推定温度係数 K 、放熱量 R 及びオフセット温度 t_o が算出されると、前記制限トルク算出処理手段96の推定温度算出処理手段92(図1)は、推定温度算出処理を行い、前記トルク指令値 T_m によって表される要求トルク T_n 、推定開始温度 t_{msr} 、推定温度係数 K 、放熱量 R 及びオフセット温度 t_o に基づいて、前記式(4)によって推定温度 t_e を算出する。

【0053】したがって、インバータ40における所定の箇所に温度センサ22が配設されるだけであり、インバータ温度が局部的に高くなった場合でも、前記推定温度 t_e によって前記インバータ40の全体の温度を推定することができるので、インバータ40の異常を確実に検出することができる。その結果、制限トルクを小さくすることができ、インバータ温度を低くすることができる。

＊に基づいて算出され、次の式(1)のように表される。この場合、オフセット温度 t_o によって第1の温度補正值が、積算値 Ad によって第2の温度補正值が構成される。

【0047】

$$\dots\dots (1)$$

＊に、発熱量 Q から放熱量 R を減算した値を推定開始時点から現在までの時間で積分した値で表される。

$$\dots\dots (2)$$

★【0049】

$$\dots\dots (3)$$

☆で表されるので、前記推定温度 t_e は次の式(4)のよう

【0050】

$$t_e = t_{msr} + t_o + \int (K \cdot T_n^2 - R) dt$$

$$\dots\dots (4)$$

20◆【0054】なお、前記オフセット温度算出処理手段、及び積算値 Ad を算出する制限トルク算出処理手段96の図示されない積算値算出処理手段によって、温度補正值算出処理手段91が構成され、前記オフセット温度算出処理手段によって第1の温度補正值算出処理手段が、積算値算出処理手段によって第2の温度補正值算出処理手段が構成される。

【0055】本実施の形態においては、発熱量 Q を算出するために要求トルク T_n が使用されるが、該要求トルク T_n に代えて、モータ31によって発生させられたモータトルクを使用することもできる。その場合、推定温度係数 K の値が変更される。

【0056】次に、フローチャートについて説明する。

ステップS2-1 トルク指令値 T_m を読み込む。
ステップS2-2 推定開始温度 t_{msr} を読み出す。
ステップS2-3 推定温度係数算出処理を行う。
ステップS2-4 放熱量算出処理を行う。
ステップS2-5 オフセット温度算出処理を行う。
ステップS2-6 推定温度 t_e を算出する。
ステップS2-7 制限トルクを算出し、リターンする。

【0057】次に、図5のステップS2-3における推定温度係数算出処理のサブルーチンについて説明する。

【0058】この場合、モータ回転速度 N_m 及び要求トルク T_n が属する領域ごとに推定温度係数 K があらかじめ設定され、前記メモリ内にモータ回転速度 N_m 及び要求トルク T_n と推定温度係数 K とが対応させられてテーブルとして記録される。

【0059】まず、前記推定温度算出処理手段92は、モータ回転速度 N_m が、第1のモータ回転速度閾値 N_{m1} 、本実施の形態においては、20[rpm]より低

く、かつ、要求トルク T_n の絶対値 $|T_n|$ が、モータ31の定格によりあらかじめ設定された第1の要求トルク閾値 T_{n1H1} 、本実施の形態においては、最大トルクの20〔%〕より大きい領域AR1に属するかどうかを判断する。そして、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR1に属する場合、前記推定温度算出処理手段92は推定温度係数 K を値 k_1 にする。

【0060】また、前記推定温度算出処理手段92は、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR1に属さない場合、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が、第2の要求トルク閾値 T_{n1H2} ($T_{n1H2} > T_{n1H1}$)、本実施の形態においては、最大トルクの80〔%〕以上であるとともに、第3の要求トルク閾値 T_{n1H3} ($T_{n1H3} > T_{n1H2}$)、本実施の形態においては、最大トルクの90〔%〕より小さい領域AR2に属するかどうかを判断する。そして、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR2に属する場合、前記推定温度算出処理手段92は推定温度係数 K を値 k_2 にする。

【0061】さらに、前記推定温度算出処理手段92は、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR1、AR2に属さない場合、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕以上である領域AR3に属するかどうかを判断する。そして、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR3に属する場合、前記推定温度算出処理手段92は推定温度係数 K を値 k_3 にする。

【0062】また、前記推定温度算出処理手段92は、前記モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR1～AR3に属さない場合、推定温度係数 K を零にする。なお、値 $k_1 \sim k_3$ は、 $k_1 > k_2 > k_3$ にされる。

【0063】このように、推定温度係数算出処理においては、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕より低い場合に、値 k_1 を大きく設定することによって発熱量 Q を多く想定し、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの80〔%〕以上であるとともに、90〔%〕より小さい場合に、値 k_2 を小さく設定することによって発熱量 Q を少なく想定し、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕以上である場合に、値 k_3 を更に小さく設定することによって発熱量 Q を更に少なく想定し、それ以外の場合に発熱量 Q を零に想定するようにしている。なお、図9において、 V は車速、 L_r は制限トルクである。

【0064】次に、フローチャートについて説明する。ステップS2-3-1 モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕より低く、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの20〔%〕より大きいかどうかを判断する。モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕より低く、かつ、絶対値 $|T_n|$

$|T_n|$ が最大トルクの20〔%〕より大きい場合はステップS2-3-2に、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの20〔%〕以下である場合はステップS2-3-3に進む。ステップS2-3-2 推定温度係数 K に値 k_1 をセットし、リターンする。ステップS2-3-3 モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの80〔%〕以上であるとともに、90〔%〕より小さいかどうかを判断する。モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの80〔%〕以上であるとともに、90〔%〕より小さい場合はステップS2-3-4に、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕より低く、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕以上、又は80〔%〕より小さい場合はステップS2-3-5に進む。ステップS2-3-4 推定温度係数 K に値 k_2 をセットし、リターンする。ステップS2-3-5 モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕以上であるかどうかを判断する。モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕以上である場合はステップS2-3-6に、モータ回転速度 N_m が20〔rpm〕より低く、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの90〔%〕より小さい場合はステップS2-3-7に進む。ステップS2-3-6 推定温度係数 K に値 k_3 をセットし、リターンする。ステップS2-3-7 推定温度係数 K に零をセットし、リターンする。

【0065】次に、図5のステップS2-4における放熱量算出処理のサブルーチンについて説明する。

【0066】この場合、モータ回転速度 N_m 及び要求トルク T_n が属する領域ごとに放熱量 R があらかじめ設定され、前記メモリ内にモータ回転速度 N_m 及び要求トルク T_n と放熱量 R とが対応させられてテーブルとして記録される。

【0067】そして、放熱量算出処理手段は、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの20〔%〕以下であり、領域AR4に属するかどうかを判断する。絶対値 $|T_n|$ が領域AR4に属する場合、前記放熱量算出処理手段は、放熱量 R を値 q にする。

【0068】続いて、前記放熱量算出処理手段は、絶対値 $|T_n|$ が領域AR4に属さない場合、モータ回転速度 N_m が、第2のモータ回転速度閾値 N_{m1H2} ($N_{m1H2} > N_{m1H1}$)、本実施の形態においては、125〔rpm〕以上で、かつ、絶対値 $|T_n|$ が最大トルクの20〔%〕以上であるとともに、第4の要求トルク閾値 T_{n1H4} ($T_{n1H4} > T_{n1H3} > T_{n1H2}$)、本実施の形態においては、40〔%〕より小さい領域AR5に属するかどうかを判断する。モータ回転速度 N_m 及び絶対値 $|T_n|$ が領域AR5に属する場合、前記放熱量算出処

理手段は、放熱量Rを値qにする。

【0069】そして、前記放熱量算出処理手段は、モータ回転速度Nm及び絶対値|Tn|が領域AR4、AR5に属さない場合、モータ回転速度Nmが、第3のモータ回転速度閾値NmTH3 (NmTH3 > NmTH2)、本実施の形態においては、250 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が、最大トルクの40 [%] 以上であるとともに、第5の要求トルク閾値TnTH5 (TnTH2 > TnTH5 > TnTH4)、本実施の形態においては、60 [%] より小さい領域AR6に属するかどうかを判断する。モータ回転速度Nm及び絶対値|Tn|が領域AR6に属する場合、前記放熱量算出処理手段は、放熱量Rを値qにする。

【0070】さらに、前記放熱量算出処理手段は、モータ回転速度Nm及び絶対値|Tn|が領域AR4～AR6に属さない場合、放熱量Rを零にする。

【0071】このように、放熱量算出処理においては、絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以下である場合、モータ回転速度Nmが125 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以上であるとともに、40 [%] より小さい場合、及びモータ回転速度Nmが250 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの40 [%] 以上であるとともに、60 [%] より小さい場合、放熱量Rを値qに想定し、それ以外の場合に放熱量Rを零に想定するようにしている。

【0072】次に、フローチャートについて説明する。ステップS2-4-1 絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以下であるかどうかを判断する。絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以下である場合はステップS2-4-2に、絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] より大きい場合はステップS2-4-3に進む。ステップS2-4-2 放熱量Rに値qをセットし、リターンする。ステップS2-4-3 モータ回転速度Nmが125 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以上であるとともに、40 [%] より小さいかどうかを判断する。モータ回転速度Nmが125 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの20 [%] 以上であるとともに、40 [%] より小さい場合はステップS2-4-2に、モータ回転速度Nmが125 [rpm] より低く、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの40 [%] 以上、又は20 [%] より小さい場合はステップS2-4-4に進む。ステップS2-4-4 モータ回転速度Nmが250 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの40 [%] 以上であるとともに、60 [%] より小さいかどうかを判断する。モータ回転速度Nmが250 [rpm] 以上で、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの40 [%] 以上であるとともに、60 [%] より小さい場合はステップS2-4-2に、モータ回転速度Nm

が250 [rpm] より低く、かつ、絶対値|Tn|が最大トルクの60 [%] 以上、又は40 [%] より小さい場合はステップS2-4-5に進む。ステップS2-4-5 放熱量Rに零をセットし、リターンする。

【0073】次に、図5のステップS2-5におけるオフセット温度算出処理のサブルーチンについて説明する。

【0074】この場合、直流電圧Vc に対してオフセット温度to があらかじめ設定され、前記メモリ内に直流電圧Vc とオフセット温度to とが対応させられてテーブルとして記録される。

【0075】前記コンデンサ20は、前述されたようにメインリレー15とインバータ40との間に配設されるので、電動車両の走行を終了して、運転者が図示されないイグニッションキーをオフにするのに伴ってバッテリー14とコンデンサ20との間が遮断されると、放電を開始し、時間が経過するのに伴って電荷量が少なくなり、前記直流電圧Vc が低くなる。すなわち、該直流電圧Vc は、イグニッションキーをオンにしたときのインバータ40の状態を表す。

【0076】また、運転者がイグニッションキーをオフにするのに伴って、各トランジスタTr1～Tr6はオフにされ、熱を発生することがなくなり、インバータ40は自然に熱を放出し、インバータ温度は次第に低くなる。

【0077】そこで、運転者がイグニッションキーをオフにした後に再びオンにした場合、オフにしてからオンにするまでの時間を計時する代わりに前記直流電圧Vc を検出し、オフにしてからオンにするまでの時間が長いほど、すなわち、前記直流電圧Vc が低いほど、オフセット温度to を低くするようにしている。したがって、運転者がイグニッションキーをオフにした後に再びオンにした場合に、推定温度te を正確に算出することができる。また、オフセット温度to を算出するために前記直流電圧Vc を使用することができるので、特別なセンサを配設する必要がなくなる。したがって、モータ駆動装置10のコストを低くすることができる。

【0078】そのために、前記オフセット温度算出処理手段は、イグニッションキーがオンにされたかどうかを判断し、イグニッションキーがオンにされた場合、直流電圧Vc を読み込み、オフセット温度to を算出する。そして、前記オフセット温度算出処理手段は、直流電圧Vc が第1の直流電圧閾値VcTH1、本実施の形態においては、30 [V] 以上であるかどうかを判断し、直流電圧Vc が30 [V] 以上である場合、オフセット温度to を値to1 (例えば、30 [°C]) にする。また、前記オフセット温度算出処理手段は、直流電圧Vc が30 [V] より低く、第2の直流電圧閾値VcTH2、本実施の形態においては、10 [V] 以上であるかどうかを判断し、直流電圧Vc が30 [V] より低く、10

15

〔V〕以上である場合、オフセット温度 t_o を値 t_o2 ($t_o2 < t_o1$: 例えば、20〔℃〕)にする。そして、前記オフセット温度算出処理手段は、直流電圧 V_c が10〔V〕より低い場合、オフセット温度 t_o を値 t_o3 ($t_o3 < t_o2$: 例えば、10〔℃〕)にする。

【0079】このようにして、オフセット温度 t_o が設定されると、前記オフセット温度算出処理手段はメインリレー15をオンにする。

【0080】次に、フローチャートについて説明する。
ステップS2-5-1 イグニッションキーがオンにされたかどうかを判断する。イグニッションキーがオンにされた場合はステップS2-5-2に進み、イグニッションキーがオンにされていない場合はリターンする。
ステップS2-5-2 直流電圧 V_c を読み込む。
ステップS2-5-3 直流電圧 V_c が30〔V〕以上であるかどうかを判断する。直流電圧 V_c が30〔V〕以上である場合はステップS2-5-4に、直流電圧 V_c が30〔V〕より低い場合はステップS2-5-5に進む。
ステップS2-5-4 オフセット温度 t_o に値 t_o1 をセットする。
ステップS2-5-5 直流電圧 V_c が10〔V〕以上であるかどうかを判断する。直流電圧 V_c が10〔V〕以上である場合はステップS2-5-6に、直流電圧 V_c が10〔V〕より低い場合はステップS2-5-7に進む。
ステップS2-5-6 オフセット温度 t_o に値 t_o2 をセットする。
ステップS2-5-7 オフセット温度 t_o に値 t_o3 をセットする。
ステップS2-5-8 メインリレー15をオンにし、リターンする。

【0081】なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々変形させることが可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0082】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、モータ駆動装置においては、電源と、モータと、スイッチング素子のスイッチングに伴って、前記電源から供給された電流を相電流に変換して前記モータに供給するインバータと、インバータ温度を検出するインバータ温度検出手段と、前記インバータの状態に対応させて温度補正値を算出する温度補正値算出処理手段と、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度を算出する推定温度算出処理手段とを有する。

【0083】この場合、インバータの状態に対応させて温度補正値が算出され、所定のタイミングにおいて検出されたインバータ温度及び前記温度補正値に基づいてインバータの推定温度が算出される。

【0084】したがって、該推定温度によってインバータの全体の温度を推定することができるので、インバー

16

タの異常を確実に検出することができる。その結果、制限トルクを小さくすることができ、インバータ温度を低くすることができる。

【0085】本発明の他のモータ駆動装置においては、さらに、前記温度補正値は、イグニッションキーをオンにしたときのインバータの状態に対応させて算出されるオフセット温度である。

【0086】この場合、運転者がイグニッションキーをオフにした後に再びオンにしたときに、推定温度を正確に算出することができる。

【0087】本発明の更に他のモータ駆動装置においては、さらに、前記オフセット温度は、電源とインバータとの間に配設されたコンデンサの端子間の電圧に基づいて算出される。

【0088】この場合、オフセット温度を算出するために、コンデンサの端子間の電圧を使用することができるので、特別なセンサを配設する必要がなくなる。したがって、モータ駆動装置のコストを低くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の機能ブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の概念図である。

【図3】本発明の実施の形態におけるモータ制御部のブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態におけるモータ駆動装置の動作を示すメインフローチャートである。

【図5】本発明の実施の形態における制限トルク算出処理のサブルーチンを示す図である。

【図6】本発明の実施の形態における推定温度係数算出処理のサブルーチンを示す図である。

【図7】本発明の実施の形態における放熱量算出処理のサブルーチンを示す図である。

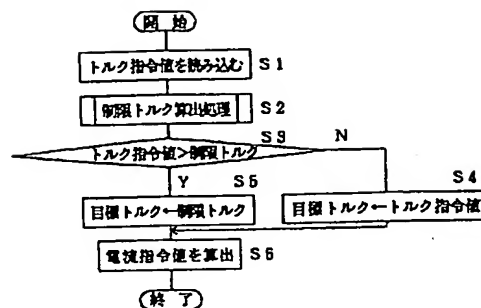
【図8】本発明の実施の形態におけるオフセット温度算出処理のサブルーチンを示す図である。

【図9】本発明の実施の形態におけるモータ回転速度・要求トルクの領域を説明する図である。

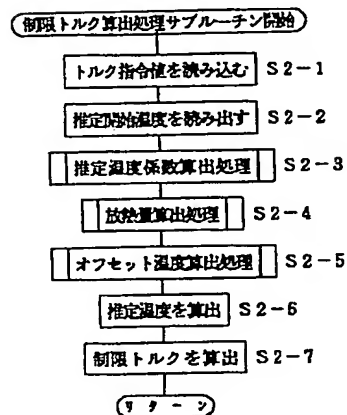
【符号の説明】

10 モータ駆動装置
14 バッテリ
20 コンデンサ
22 温度センサ
31 モータ
40 インバータ
91 温度補正値算出処理手段
92 推定温度算出処理手段
 I_u 、 I_v 、 I_w 電流
 $Tr1 \sim Tr6$ トランジスタ

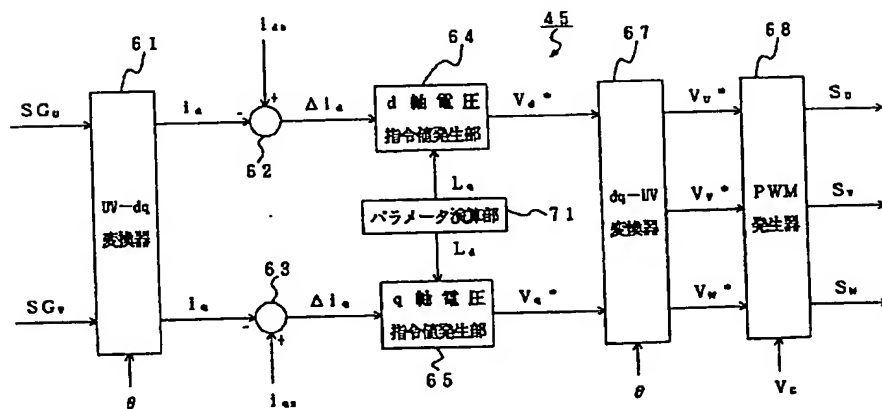
【図4】



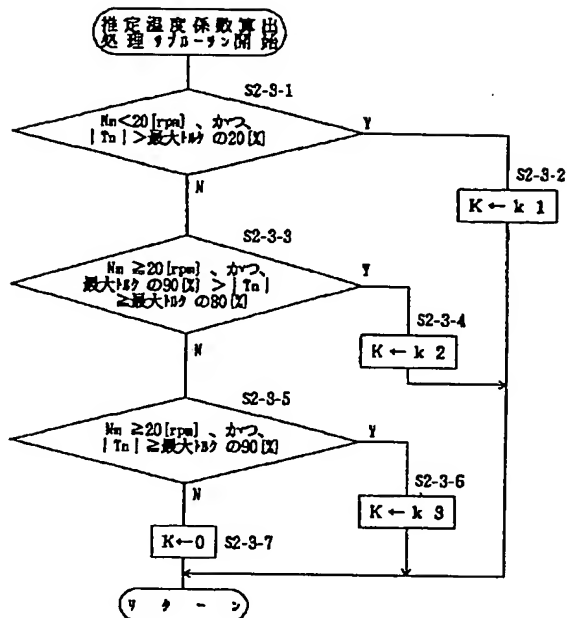
【図5】



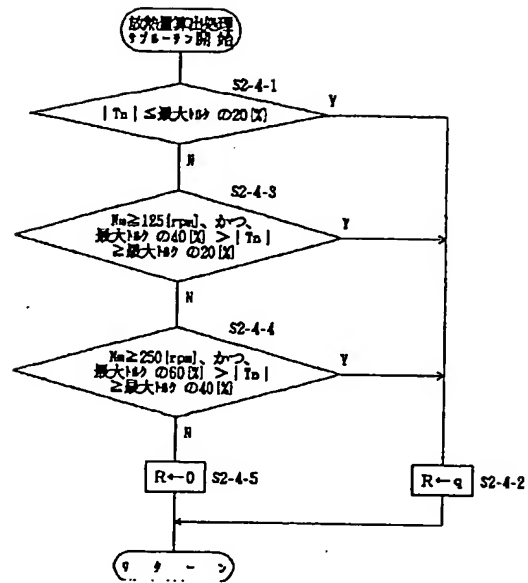
【図3】



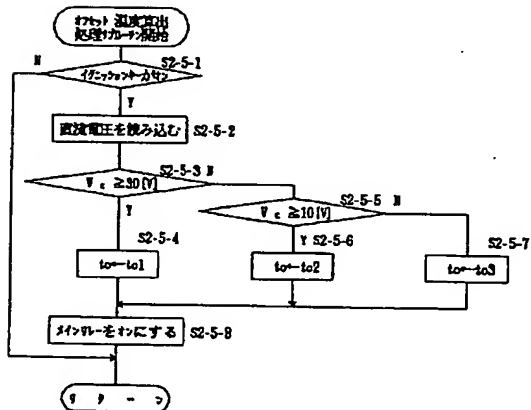
【図6】



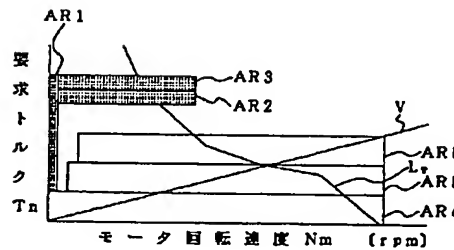
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 谷口 卓司
愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシ
ン・エイ・ダブリュ株式会社内

Fターム(参考) 5H007 AA05 AA06 BB06 CA01 CB05
DA05 DC02 FA03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.